



ROBOTISCHES ELEKTROMOBIL MIT KAMERABASIERTEM AUTONOMIEANSATZ

Autonomes Fahren erfährt in den vergangenen Jahren durch verschiedene Forschungsprojekte ein gesteigertes öffentliches Interesse. Dabei werden meist herkömmliche Pkws mit großem Aufwand umgebaut und mit Dachaufbauten voller Sensorik bestückt. Der Vormarsch der Elektromobilität bietet die Chance für grundlegend neue Fahrzeugkonzepte. Löst man sich von klassischen Ansätzen, so ist es möglich, die Autonomie von Anfang an in die Automobilarchitektur hinsichtlich IT- und Sensor-Systemen, Energiemanagement und Design zu integrieren. Das Robotik- und Mechatronik-Zentrum des DLR beschreibt alle relevanten Technologien, die für das autonome Fahren an Bord sind.

AUTOREN



DIPL.-ING. ALEXANDER SCHAUB
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter,
zuständig für den Bereich
Romo-Autonomie, am Robotik- und
Mechatronik-Zentrum des DLR in
Weßling bei München.



DIPL.-ING. JONATHAN BREMBECK
ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter
und Romo-Projektleiter am Robotik-
und Mechatronik-Zentrum des DLR
in Weßling bei München.



PROF. DR.-ING. DARIUS BURSCHKA
ist Professor für Informatik an der
TU München und Kooperations-
partner des Robotik- und
Mechatronik-Zentrums des DLR.



PROF. DR.-ING. GERD HIRZINGER
ist Direktor des DLR-Robotik- und
Mechatronik-Zentrums RMC
in Weßling bei München.

VERSUCHSTRÄGER

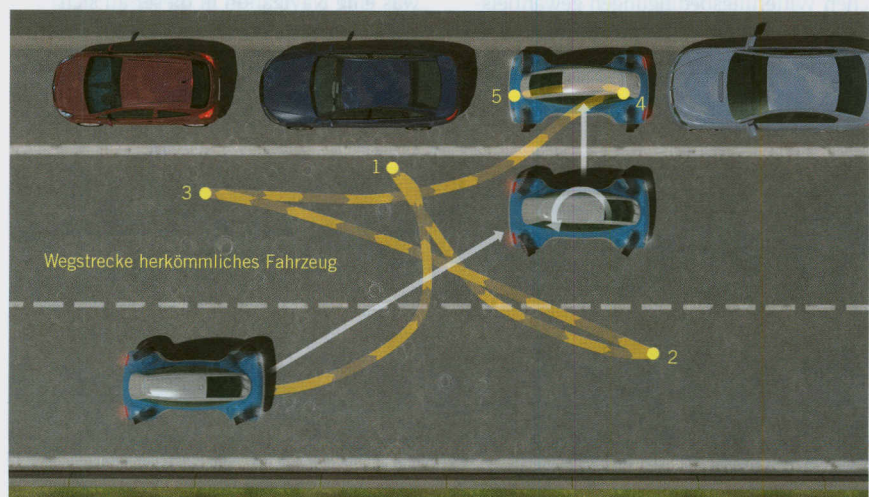
Bei dem Robomobil (Romo) handelt es sich um ein neuartiges Elektromobilitäts-Konzept. Es basiert auf der zentralen intelligenten Steuerung von vier unabhängigen „Radrobotern“, die jeweils eigene Brems-, Lenkungs- und Antriebskomponenten (Radnabenmotoren) sowie Dämpfer besitzen. Mit der elektrisch angesteuerte Drive-by-wire-Lenkung auf Basis von Komponenten aus der Robotertechnik gelingen Radeinschläge im Bereich von -25° bis 95° . Durch diese Einzelrad-Lenkung und -Antrieb erhält das Romo eine einzigartige Manövrierbarkeit. Seitwärtsfahrten und Rotation um die zentrische Hochachse oder um bestimmte Punkte außerhalb des Fahrzeuges sind möglich, ❶. Ziel war es von Anfang der Entwicklung an, das Romo mit verschiedenen Autonomiegraden – von teil- bis vollautonom – fahren zu können. Dabei spielt es keine Rolle, ob man selber im Fahrzeug die Steuerung per Sidestick übernimmt oder es fernsteuert.

Das Romo an sich ist sehr flexibel aufgebaut, da es nach einem Viermodul-Konzept entworfen wurde. Dabei bilden vordere und hintere Achseinheit, das Kohlefaser-Chassis und die Batterie jeweils ein Modul. Diese lassen sich einfach austauschen, da die Funktionen lokal gruppiert und einfache Schnittstellen, sowohl mechanisch als auch elektronisch, untereinander gegeben sind. Neben dem autonomen Fahren dient es als Technologieträger für verschiedene Forschungsthemen, von

der optimierten Fahrdynamikregelung bis hin zu den Energiemanagement-Konzepten. Wie in der modernen Robotik wird aus einer gewünschten Bewegung des Systems in Echtzeit über ein sogenannte inverses Dynamikmodell die erforderliche Ansteuerung der Aktuatoren durch den Chassis Controller berechnet. Am Romo soll auf verschiedenen Ebenen demonstriert werden, wie eng die Elektromobilität in Zukunft mit der Robotik verknüpft sein wird.

GRUNDLAGEN FÜR DAS AUTONOME FAHREN

Die Grundlage für das autonome Fahren bildet die Perzeption. Die außergewöhnliche Beweglichkeit des Fahrzeugs resultiert in gesteigerten Anforderungen an die Umgebungswahrnehmung. Um eine 360° -Stereokamerabildabdeckung zu schaffen, werden mehrere Kameras im Dach, in der Front und im Heck integriert, ❷ und ❸. Dieser Artikel wird im Folgenden auf die Wahl von passiven optischen Systemen als primäre Sensorik detaillierter eingehen. Alle Kameras sind mit Gigabit-Ethernet-Anschlüssen ausgestattet und über Switches mit dem Bildverarbeitungsrechner im Heck des Fahrzeugs verbunden. Um die großen Datenmengen des unkomprimierten Bild-Streams handhaben zu können, werden funktionelle Subsysteme mit separaten Datenleitungen an den so genannten Vision-PC gebildet. Die jeweils benötigten Kameras werden nach einem intelligenten Schema aktiviert und die restlichen auf Standby gehalten. Das Romo besitzt größ-



❶ Romo-Manövrierbarkeit beim Einparken

tenteils monochrome Kameras, die am besten zur Extraktion von Bildinformationen geeignet sind, da bei gleicher Chipgröße viermal mehr Pixel als bei einer Farbkamera zur Verfügung stehen. Zusätzlich sind Farbkameras in der Front verbaut, um zum Beispiel Ampelzustände zu erkennen. Trotz optimierter Anbringung der Kameras lassen sich Abschattungen nicht vermeiden, ②. Um diese nichteinsehbaren Nahbereiche abzudecken, wird ein Ring aus automotiv tauglichen Ultraschallsensoren um das Auto gelegt. Die Abschattungen werden nur dann kritisch, wenn sich ein Objekt in die tote Zone bewegt, während das Perceptionssystem nicht aktiv ist, und das Auto anschließend losfahren möchte. Zur globalen Orientierung und Bestimmung der sechs Freiheitsgrade im Raum wird ein dGPS-gestütztes Inertialnavigationssystem verwendet. Mit dem globalen Positionssystem mit Differenzialsignal lassen sich Positionierungsgenauigkeiten im Zentimeterbereich erreichen. Zusätzlich ist das System mit einer zweiten GPS-Antenne ausgestattet, um die Orientierung im Stand bestimmen zu können.

GRÜNDE FÜR KAMERANAVIGATION

Intelligente mobile Systeme bestehen heutzutage nicht nur aus ausgeklügelten Regelsystemen, die die Bedienung des Fahrzeugs erleichtern, sondern übernehmen mehr und mehr eine aktiv unterstützende Funktion. Eine sensorische Umgebungserfassung wird dabei zu einem zentralen Element, das eine zuverlässige Wahrnehmung in dem kompletten Spektrum der möglichen Witterungsbedingungen gewährleisten muss. Bei der Auswahl eines Sensorsystems muss man systemtechnische

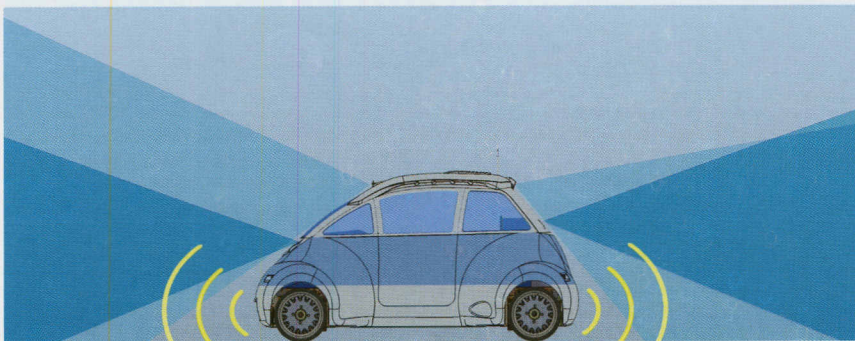
Aspekte wie der zur Verarbeitung notwendigen Rechenleistung, die Zuverlässigkeit in der Datenerfassung bei sich verändernder Wetterlage, Sicherheit für den Menschen und mögliche gegenseitige Beeinträchtigung der Sensoren im Falle von aktiven Messprinzipien berücksichtigen.

Laser- und radarbasierte Systeme finden starken Einzug in die neuen Fahrzeugmodelle, basieren jedoch auf aktiven Messprinzipien, was mit einer für den Menschen unter Umständen gefährlichen Strahlung im Falle einer Fehlfunktion führen kann. Gleichzeitig sind aktive Systeme anfälliger gegenüber gegenseitigem Übersprechen in Situationen, in denen mehrere Sensoren in derselben Umgebung agieren, was bei immer höheren Verkehrsdichten heutzutage immer häufiger der Fall ist. Ein anderer zu berücksichtigender Aspekt ist die Tatsache, dass solche Systemprinzipien bedingt aktiv Signale in die Umgebung aussenden müssen, wodurch ihre maximale Reichweite in jedem Fall beschränkt ist.

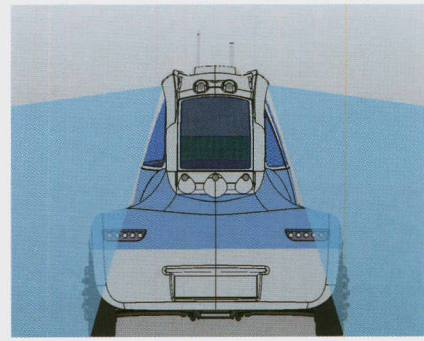
Ein wichtiger Aspekt, der für die Wahl von Kamerasystemen für ein Fahrzeugkonzept spricht, ist die Tatsache, dass derzeitige Verkehrsführungssysteme für den menschlichen Fahrer und somit für eine visuelle Wahrnehmung und Verarbeitung ausgelegt sind. Als Beispiel sollen hier Verkehrsbeschilderungen und Straßenmarkierungen dienen, die für visuelle Wahrnehmung durch den Fahrer optimiert und mit Laser- oder Radarsystemen nur schwer oder gar nicht korrekt interpretierbar sind. Die Straßenmarkierungen werden entsprechend einer ISO-Norm in ihrem Reflektionsvermögen nachts besonders hervorgehoben, was eine Navigation in dieser an sich schwierigen Beleuchtungslage für ein Kamerasystem prädestiniert. Zudem lassen

neue, empfindlichere Kameratechnologien die Grenzen zum Nachtsichtgerät immer mehr verschwinden. Die passiven Kamerasysteme beinhalten keinerlei bewegliche Elemente, was eine besondere Robustheit gegenüber von Erschütterungen gewährleistet. Sie können platzsparend an vielen Stellen in der Fahrzeugkarosserie integriert werden und benötigen nur minimale Energie, um betrieben zu werden. Der passive Charakter erlaubt eine weitgehend freie Bestimmung der Reichweite, da kein aktives Signal die Szene ausleuchten muss.

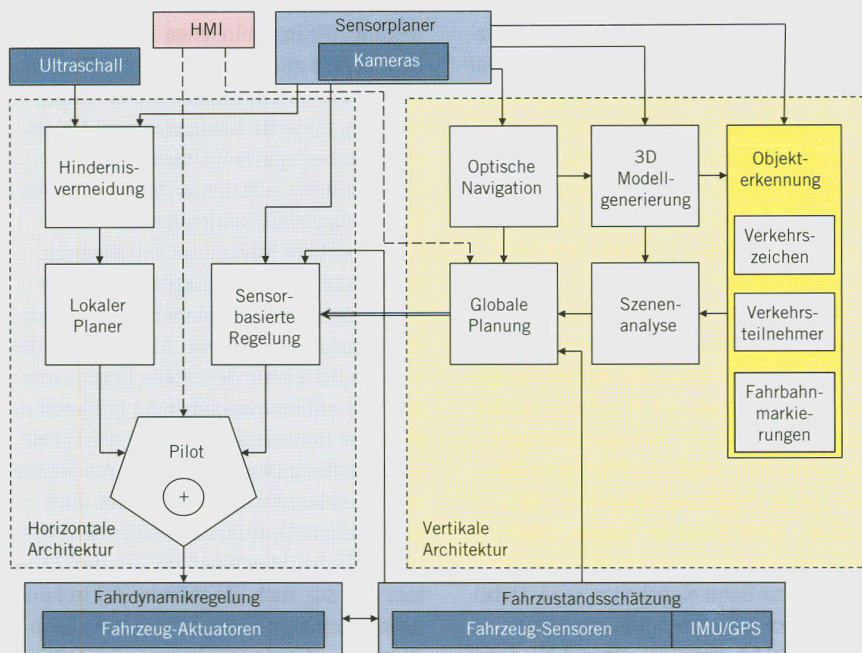
Die neuartigen Entwicklungen in dem Bereich der optischen Systeme haben zu einem sehr guten Verständnis des Bildentstehungsprozesses geführt. Es kommen Sensoren zum Einsatz, die über einen sehr großen Winkelbereich gleichzeitig eine Information liefern können, was für den Fall einer hohen Eigenbewegung des Fahrzeugs in einer Szene mit vielen unabhängig voneinander sich bewegenden Szenenelementen essenziell ist, um den zeitlichen Zusammenhang korrekt zu erfassen. Die hohen Integrationsdichten der bildgebenden Elemente erlauben eine sehr genaue Abtastung der Umgebung auch in großer Entfernung vom Fahrzeug. Die Auflösung wird lediglich durch den räumlichen Versatz der Kamera während der Messung bestimmt, was aus der Bewegung des Fahrzeugs in weiten Grenzen frei wählbar ist. Die einzige Einschränkung wird hier durch die im Fahrzeug vorhandene Rechenleistung gemacht. Hier sind effiziente Algorithmen gefragt, um mit der eingeschränkten Rechenleistung die notwendige Wahrnehmungsqualität und Zuverlässigkeit zu erreichen. Das entwickelte Sensorkonzept stellt ein Beispiel dafür dar, welche Leistungsfähigkeit mit den heutigen Verarbeitungsalgorithmen erreicht werden kann.



② Kameraabdeckung und Ultraschall an Vorder- und Rückseite



③ Kameraabdeckung links und rechts



4 Autonomie-Architektur Romo

SYSTEMARCHITEKTUR

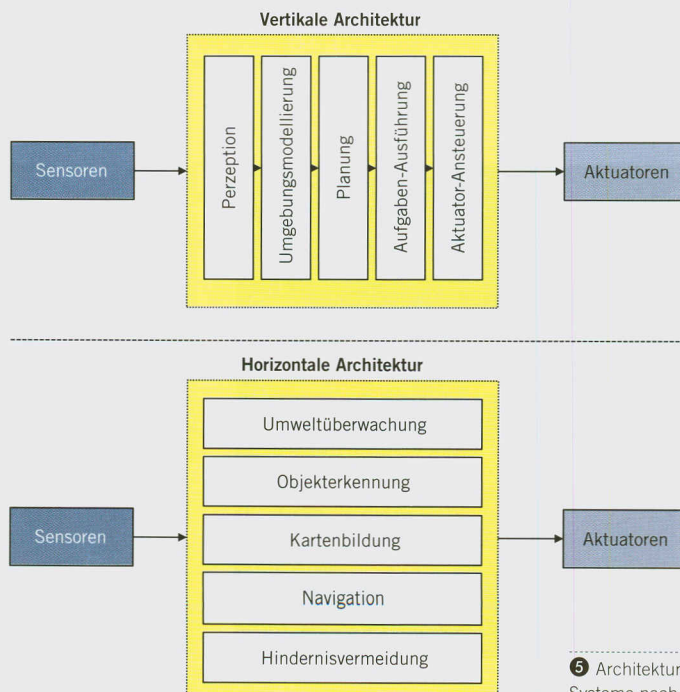
Das Schema, mit dem das autonome Fahren realisiert werden soll, basiert auf der Kombination zweier grundsätzlich verschiedener Architekturen, 4. Die Unterscheidung dieser in eine vertikal und eine horizontal aufgebaute Architektur zur Berechnung der Aktuator-Stellgrößen aus den Sensorwerten führte Rodney A. Brooks am MIT bereits in den 80er Jahren für mobile autonome Roboter ein [1], 5. Bei einer vertikal orientierten Anordnung müssen mehrere Module sequentiell durchlaufen werden, bis eine Aktion ausgeführt wird. Bei einer horizontalen Anordnung werden mehrere nach Funktionen unterteilte Module parallel ausgeführt. Das Hauptmerkmal des vertikal aufgebauten Teils des Romo-Autonomie-Schemas stellt die Akkumulation von Sensordaten dar. Es werden Daten über mehrere Zeitschritte gespeichert, weiterverarbeitet und eine Umgebungskarte aufgebaut. Dadurch wird versucht, eine langfristige Planung der autonomen Aktionen zu gewährleisten. Im horizontalen Teil werden nur Daten aus den letzten paar Zeitschritten ausgewertet, um eine kurzfristige schnelle Planung und ein reaktiveres Verhalten sicherzustellen. Üblicherweise setzen autonome Fahrzeuge auf einem umgerüsteten Serienfahrzeug auf. Dadurch muss ein vertikal

hierarchischer Aufbau gewählt werden, da der direkte Durchgriff vom Sensor zum Aktuator nicht möglich ist. Diese Architektur entspricht dem gelben Teil des Schemas in 4, der auf einem beliebigen Fahrzeug realisiert werden könnte. Der sequentielle Ablauf des vertikalen Teils des Schemas wird zunächst beschrieben.

Die für das autonome Fahren vorgesehenen Kameras werden von einem Sensorplaner der Situation angepasst aktiviert. Aus den Bildern des aktuellen Kamerapaars wird ein 3D-Modell der Umgebung generiert. Nicht nur für die 3D-Modellierung ist es wichtig zu wissen, wie man sich im dreidimensionalen Raum bewegt. Im Modul zur optischen Navigation werden die Information über die sechs Freiheitsgrade rein auf Kameradaten basierend gewonnen.

Daraufhin müssen in den konstruierten 3D-Daten und den zweidimensionalen Kamerabildern relevante Objekte erkannt werden. Dabei braucht man jeweils eigene Algorithmen zum Erkennen von Verkehrsteilnehmern, -spuren und -schildern, da sich die einzelnen Komponenten erheblich unterscheiden. Sobald diese richtig identifiziert wurden, müssen sie im Zusammenhang der gesamten Szene korrekt interpretiert werden, um in der gegebenen Verkehrssituation ein regelkonformes Verhalten gewährleisten zu können.

Danach wird das Verhalten des Romos im globalen Planungsmodul anhand der Daten aus der Szenenanalyse, des Fahrzeugzustands und der optischen Navigation für mehrere Schritte im Voraus geplant. Hierzu wird eine bestimmte Aufgabe wie zum Beispiel das Suchen eines Parkplatzes mit anschließendem Einparken in bestimmte



5 Architekturen autonomer Systeme nach Brooks

Teilziele zerlegt. Der gesamte Prozess arbeitet anhand der mit bisher gesammelten Sensordaten erstellten und immer wieder erneuerten Karte. Dadurch verstreicht eine gewisse Zeit, bis plötzliche Änderungen der Umwelt berücksichtigt werden.

Im Romo-Konzept ist die Realisierung eines schnellen reaktiven Verhaltens nach einer horizontalen Architektur vorgesehen. Im Gegensatz zum vorher beschriebenen portierbaren Teil des Autonomie-Schemas ist der nun beschriebene reaktive Part sehr fahrzeugspezifisch und abhängig von einer schnellen Kommunikation innerhalb des Fahrzeugs. Das sensorbasierte Regelungsmodul im reaktiven Part des Schemas, der in ④ grau dargestellt ist, erhält zwar bestimmte Teilziele aus der globalen Planung, aber die Regelung zum Erreichen dieser Teilziele findet nicht anhand einer generierten 3D-Karte statt, sondern basiert ausschließlich auf den Kameradaten und Fahrzeugzuständen, die im entsprechenden Schätzungsmodul durch Fusion verschiedener Sensoren gewonnen werden. Die Teilziele werden lediglich in Form von Sollpositionen einzelner Merkmale im Bild von der globalen Planung übergeben und der Regler versucht das Fahrzeug so zu bewegen, dass die Merkmale im Kamerabild an ihren Sollpositionen liegen.

Zur schnellen Reaktion auf Hindernisse wird das entsprechende Hindernisvermeidungsmodul einerseits mit Bildern aus der aktuell relevanten Kamera, andererseits mit Informationen aus den Ultraschallsensoren als virtuelle Stoßfänger versorgt, um

unerwünschte Objekte, die auf dem Fahrweg des Romos liegen, zu detektieren. Darauf errechnet ein lokales Planungsmodul die benötigte Aktion zur Hindernisvermeidung für die nächsten paar Zeitschritte, ohne die detaillierte und langsame Karte des vertikal aufgebauten Teils zu nutzen, um so ein schnelles reaktives Verhalten zu gewährleisten.

Damit bei der Hindernisvermeidung das eigentliche Ziel nicht vernachlässigt wird, kombiniert das Pilotmodul die Bahnvorgaben der sensorbasierten Regelung und der lokalen Planung. Die Bewegungsvorgabe der Autonomie wird vom Piloten an die Fahrdynamikregelung übergeben. Diese stellt die zehn einzelnen Brems-, Lenk- und Antriebsaktuatoren so ein, dass die gewünschte Bahn eingehalten wird. Dabei unterstützt ein enger Informationsaustausch mit der Fahrzustandsschätzung.

Die im Schema vorgesehene Mensch-Maschine-Schnittstelle (HMI) bietet dem Menschen verschiedene Eingriffsmöglichkeiten im Autonomiekonzept des Romo. Beim vollautonomen Fahren kann die HMI dem globalen Planer die Missionsziele vorgeben. Die Kopplung der HMI mit dem Autonomie-Schema ist besonders eng beim teilautonomen Fahren, auf das später detaillierter eingegangen wird.

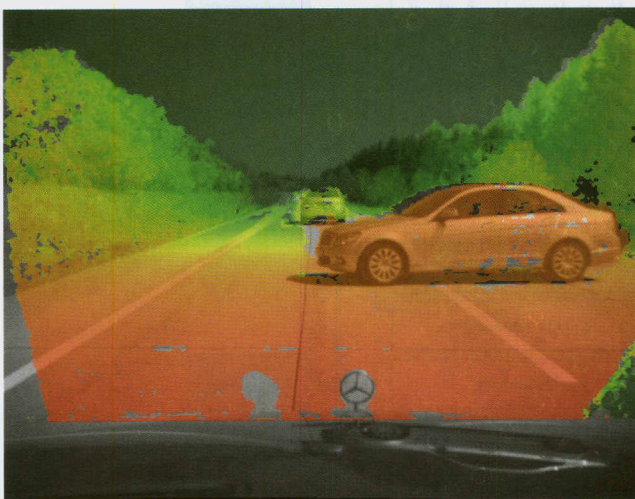
ERFAHRUNGEN MIT DEN BILDVERARBEITUNGSMODULEN

Die vorgestellten Autonomiemodule des Romo nutzen als Eingangsdaten bewährte Technologien in der Sensordatenvorver-

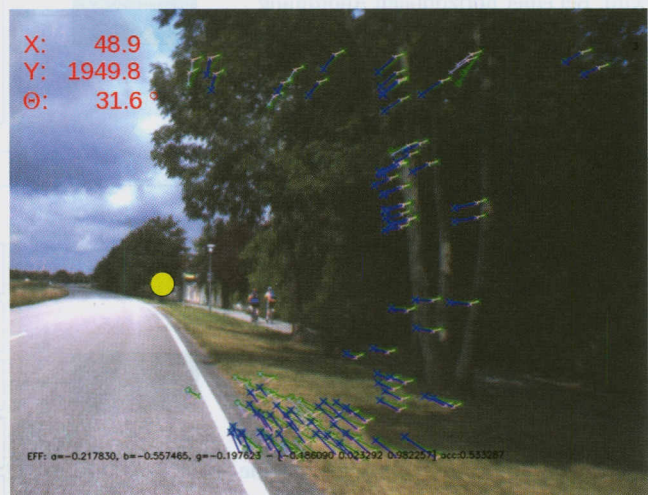
arbeitung, die in zahlreichen Projekten des DLR bereits zum Einsatz kommt. Das System kann sich auf robuste Tiefenrekonstruktion, optische Navigation und Detektion von beweglichen Objekten in der Szene stützen, aus denen das sichere Verhalten abgeleitet werden kann.

Eine sichere Navigation vor allem im Stadtverkehr und in Parkplatzszenarien wird durch das binokulare Stereo-System des Romos sichergestellt. Alle Objekte, die nicht in der Ebene der Straße liegen, werden hier entfernungsabhängig farbkodiert, ⑥. Diese Information kann für die Trajektorienplanung benutzt werden. Als Stereoverfahren kommt das am Robotik- und Mechatronik-Zentrum des DLR entwickelte „Semi-Global Matching“ (SGM) zum Einsatz [2], das auch die Daimler AG in künftigen Fahrzeugen nutzen wird. Das Fahrzeug kann dabei zwischen zwei verschiedenen Abständen der Kameras zueinander wählen, um in unterschiedlichen Entfernungsbereichen (Parkplatz/Stadtverkehr oder Landstraße) ausreichende Sensorgenauigkeit zu erhalten.

Als optische Navigationseinheit wird ein bildbasiertes Trackingsystem (Zinf) benutzt [3], bei dem zuerst die Rotationsinformation zwischen den beiden Bildern einer zeitlichen Bildfolge ermittelt wird, um anschließend die Bewegungsrichtung und den Bewegungsbetrag mit einer zusätzlichen Genauigkeitsangabe für das aktuelle Navigationsergebnis zu ermitteln. In ⑦ wird die Bewegungsrichtung durch den gelben Kreis als Schnittpunkt der resultierenden Flussvektoren ermittelt. Die



⑥ Tiefenrekonstruktion aus binokularem Stereo (Foto: Daimler AG)



⑦ Optische Navigation

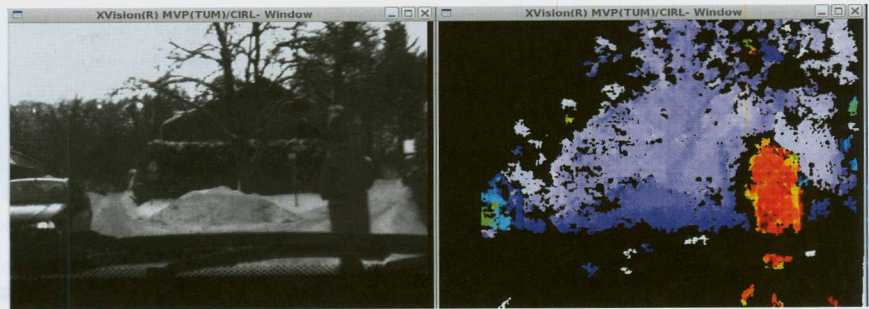
Information kann einerseits zur Integration der Weginformation dienen, andererseits zur Bestimmung des Sollflusses der optischen Flussvektoren, die zur der im Folgenden beschriebenen Detektion von beweglichen Objekten in Fahrzeugumfeld benutzt werden.

Die Tiefeninformation aus dem Stereosystem kann mit der Information aus einer zeitlichen Bildfolge ergänzt werden, die eine robuste Erkennung von Objekten erlaubt, ⑧, die im kritischen Abstand zum Fahrzeug sind und eine Eigenbewegung aufweisen. Die Eigenbewegung der Objekte wird aus der Abweichung vom Sollvektorfeld bestimmt, das in der Eigenbewegungsschätzung bereits berechnet wurde.

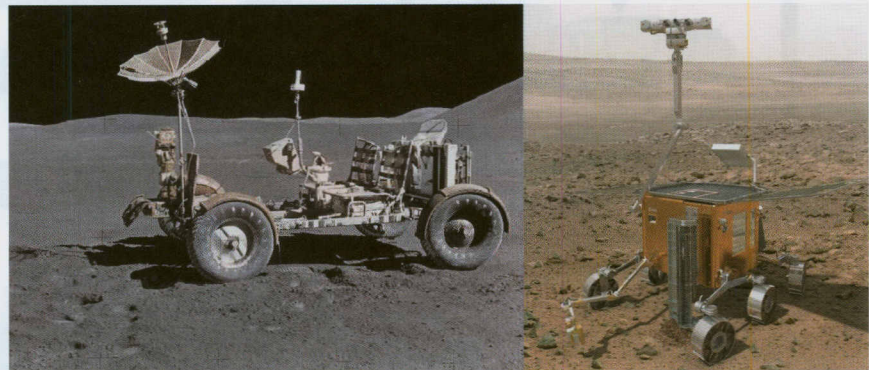
AUSBLICK

Bei der vor allem für die Raumfahrt-Robotik schon lange propagierten und vom DLR mehrfach demonstrierten Teilautonomie („Shared Autonomy“) gibt der Mensch über das HMI einen groben Wunsch vor, der von dem unterlagerten autonomen System selbständig verfeinert wird. Im Gegensatz zum Assistenzsystem hat der Mensch hierbei nicht mehr den direkten Durchgriff auf das System. Das Romo kann sich also weigern, einen Unfall zu begehen.

Das Fahrzeugkonzept ist sehr stark beeinflusst von den Arbeiten des DLR-Zentrums in der Raumfahrtrobotik und der planetaren Rovertechnik, beispielsweise auch der Mit-



⑧ Bewegungsschätzung basierend auf optischem Fluss



⑨ Apollo-Mondauto und europäischer Mars-Rover

entwicklung des ersten europäischen Mars-Rovers ExoMars, der 2018 zum Mars fliegen und dort landen soll. Er weist Einzelradantrieb und Einzelradlenkung auf und stellt in gewisser Weise eine Weiterentwicklung der Apollo-Mondautos dar, die auch schon ins Rad integrierte Elektroantriebe (Radnaben-

Motoren) und damit Einzelradantrieb sowie Sidestick-Steuerung hatten, ⑩. Auch die drei Hauptbetriebsarten signalisieren den Raumfahrtbezug, ⑩:

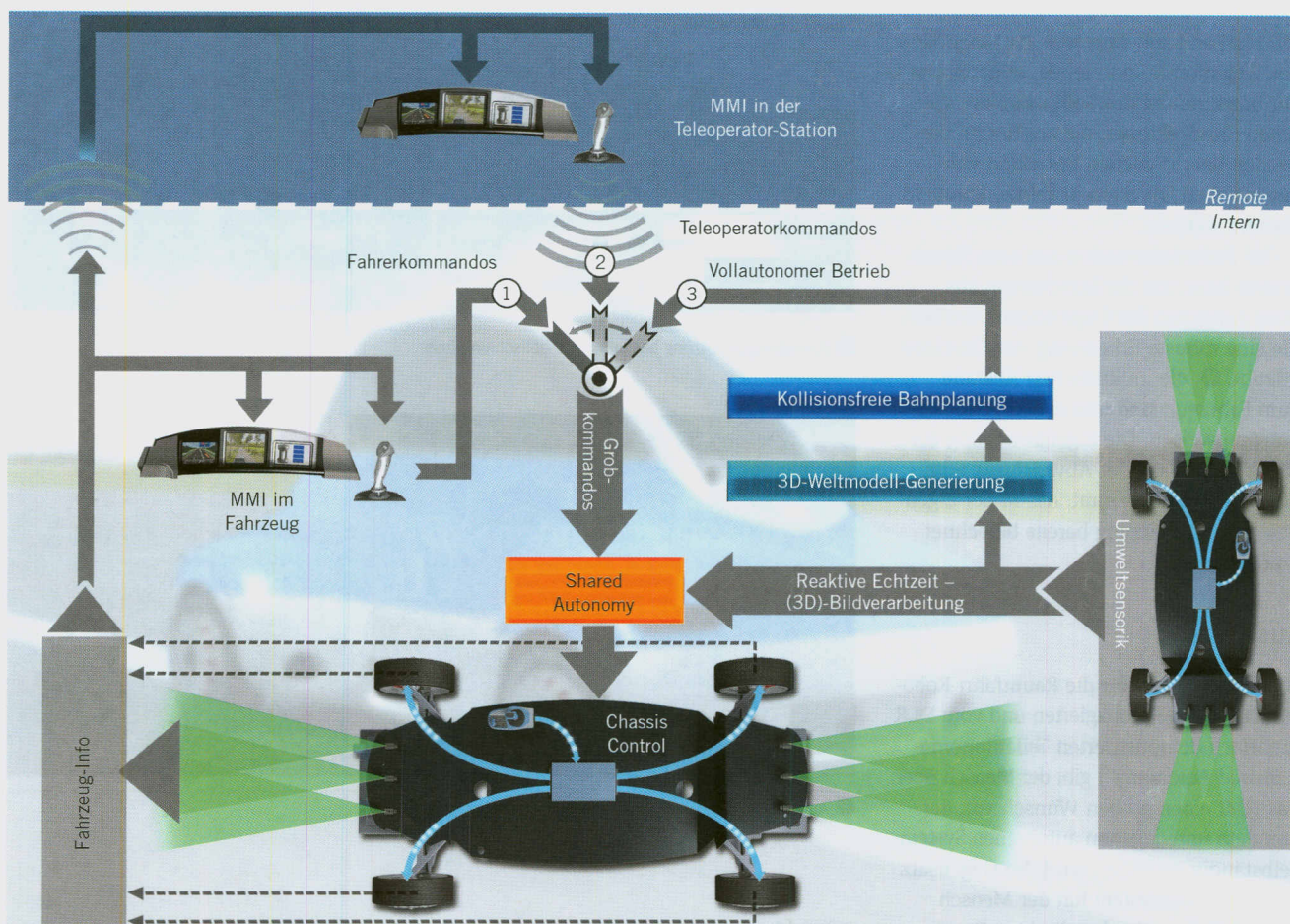
- : voll autonom fahrend
- : ferngesteuert fahrend per „Teleoperator“ (mit Teilautonomie)



TURNING SYSTEM EXPERTISE INTO VALUE

Dienstleistungen rund um die Entwicklung, Integration und den Betrieb komplexer Elektronik- und IT-Systeme sind das Markenzeichen der ESG. Mit Standorten in Europa, Amerika und einem globalen Netzwerk an Partnern deckt die ESG den Bedarf ihrer multinationalen Kunden entlang des kompletten Life Cycles vollständig ab. Seit mehr als vier Jahrzehnten ist die ESG innovativer Partner für Beratung, Systementwicklung, Logistik, Training, technische Dienstleistungen und IT-Services.

Was die ESG auszeichnet, ist die Verknüpfung von Kenntnissen und Erfahrungen verschiedener Vorgehens- und Prozessmodelle aus Luftfahrt, Automobilindustrie und militärischem Bereich sowie die umfangreichen Erfahrungen mit den Prozessen in der Automobilindustrie. Zahlreiche Automobilhersteller und Zulieferer vertrauen bereits seit mehr als 20 Jahren auf die Expertise der ESG und setzen auch auf deren zukünftige Entwicklungen.



10 Die drei Hauptbetriebsarten des Romos

: direkt gesteuert werden durch einen Fahrer (mit Teilautonomie). Die jetzt vorrangig zu optimierenden Technologien wie das Chassis-Control-Konzept mit Fahrdynamikregelung auf Basis inverser Dynamikmodelle und die hier beschriebene kollisionsfreie Bewegungssteuerung über die FPGA-Implementierung der neuen SGM-Stereoalgorithmen

DANKE

Besonderer Dank gilt den wissenschaftlichen Mitarbeitern des DLR Lok Man Ho, Johann Bals, Heiko Hirschmüller, Markus Maier, Clemens Satzger, Michael Suppa und Klaus Strobl sowie Uwe Franke, Daimler AG und Ludwig Schwaiger, SnapShot.

sollen zurück in die Entwicklung künftiger Mond-Rover fließen. Die Optimierung des Mensch-Maschine-Schnittstelle und des Energiemanagements, gegebenenfalls auf Basis der hochgenauen 3D-Landschaftsmodelle aus dem Institut, sind weitere Schwerpunkte der nächsten Zeit, wie auch ausgiebige Fahrtests in den drei anvisierten Einsatzbereichen:

- : zivile Sicherheit und Katastrophenschutz
- : Logistikbereich (Industriehallen, Rangierflächen etc.)
- : Stadtbereich (Megacity) mit flexiblen Car-Sharing-Autos.

Wie erwähnt, erfordert eine Sensorintegration in das Fahrzeugkonzept nicht nur eine Anbindung auf der abstrakten Hierarchiestufe der Missionsplanung, wie sie häufig bei Projekten mit konventionellen Fahrzeugen zu beobachten ist. Eine Interaktion mit der Sensorik muss auch auf den tieferen Ebenen der Fahrzeugsteuerung stattfinden. Das hier vorgestellte

Sensorkonzept des Romo-Systems zeigt, wie Sensordaten auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen in das Fahrzeugsystem eingebunden werden können.

LITERATURHINWEISE

- [1] Brooks, R. A.: A Robust Layered Control System for a Mobile Robot. In: IEEE Journal of Robotics and Automation 2 (1986), Nr. 1, S. 14 – 23
- [2] Hirschmüller, H: Stereo Vision in Structured Environments by Consistent Semi-Global Matching. In: Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 17.-22. Juni 2006, New York, NY, USA, S. 2386 – 2393
- [3] Mair, E.; Burschka, D.: Zinf – Monocular Localization Algorithm with Uncertainty Analysis for Outdoor Applications. Kapitel aus Mobile Robot Navigation. Intech, 2010



DOWNLOAD DES BEITRAGS
www.ATZonline.de



READ THE ENGLISH E-MAGAZINE
order your test issue now:
SpringerAutomotive@abo-service.info